

рентгенограмме образца также присутствуют две фазы. Преобладает фаза  $Y_2S_3$ .

Таким образом, методами физико-химического анализа установлено образование двух соединений в системе  $Cu_2S - Y_2S_3$  составов  $Cu_3YS_3$  и  $CuYS_2$ , определены кристаллохимические характеристики (рассчитаны параметры элементарных ячеек).

1. P. Lauxmann, Th. Schleid.  $CuYS_2$ : Ein ternäres Kupfer(I)-Yttrium(III)-Sulfid mit Ketten ( ${}_{\infty}^1\{[Cu(S1)_{3/3}(S2)_{1/1}]^{3-}\}$ ) *cis*-kantenverknüpfter  $[CuS_4]^{7-}$ -Tetraeder // Z. Anorg. Allg. Chem. 2000, 626, p.1608-1612.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ СУЛЬФИДОВ ИНДИЯ И МЕДИ ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ОСАЖДЕНИЕМ

*Левашова Е.В., Туленин С.С., Марков В.Ф.*

Уральский федеральный университет  
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19, корп. 3  
e-mail: [elena-levashova@mail.ru](mailto:elena-levashova@mail.ru)

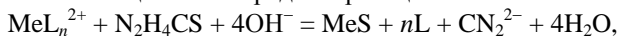
Полупроводниковому соединению  $CuInS_2$  уделяется повышенный интерес, так как обладает уникальными свойствами, такими, как: оптимальная ширина запрещенной зоны ( $E_g = 1.55$  эВ), большой коэффициент оптического поглощения ( $\alpha > 10 \text{ см}^{-1}$ ) и высокая стабильность характеристик.

Метод гидрохимического осаждения был разработан в середине прошлого столетия. Оценивая преимущества метода, нельзя не отметить его высокую производительность, простоту технологического оформления, возможность нанесения пленок на поверхность сложной формы и различной природы.

Расчет базировался на равенстве произведения растворимости твердой фазы сульфида металла  $ПР_{Me_2S_n}$ , являющегося при данной температуре постоянной величиной, произведению активной незакомплексованной формы металла и иона сульфидной серы в растворе (ионное произведение  $ПИ_{Me_2S_n}$ ). Учет степени пересыщения  $\Delta_{кр}$  при определении условий образования твердой фазы сульфидов металлов позволяет значительно повысить точность прогнозов:

$$ПИ_{Me_2S_n} = ПР_{Me_2S_n} \cdot \Delta_{кр}.$$

В основу термодинамического анализа условий получения сульфида металла положено суммарное уравнение его образования в результате взаимодействия комплексной формы металла с тиомочевинной в щелочной среде по реакции:



где  $\text{MeL}_n^{2+}$  – комплексная форма металла.

Для определения областей образования сульфидов индия и меди использовали уравнение

$$pC_H = \frac{1}{m} \cdot pIP_{\text{Me}_2\text{S}_n} - p\alpha_{\text{Me}^{n+}} - \frac{n}{m} \cdot (pk_{\text{H}_2\text{S}} - 2 \cdot pH_H + \frac{1}{2} \cdot pK_C - \frac{1}{2} \cdot p[N_2H_4CS]_H + \frac{1}{2} \cdot p \frac{\beta_u}{\beta_s}) - \Delta,$$

Анализируя это выражение, можно сказать, что граничные условия образования конкретного сульфида металла определяются соотношением основных параметров системы: pH среды, концентрации тиомочевинны, начальной концентрации соли металла и устойчивостью комплексов металла, определяемой концентрацией и природой лиганда.

В конечном итоге, образование  $\text{In}_2\text{S}_3$  практически исключено, так как более устойчивой фазой является гидроксид индия. Процесс формирования сульфида меди  $\text{Cu}_2\text{S}$  имеет высокую вероятность образования в широком интервале pH. Образование же цианамиды меди исключается.

Отмеченные особенности затрудняют возможность совместного осаждения  $\text{In}_2\text{S}_3$  и  $\text{Cu}_2\text{S}$  с целью формирования твердого раствора на их основе при температуре 298 К. Необходим тщательный подбор условий образования  $\text{In}_2\text{S}_3$ , величины pH и температуры.

1. Марков В.Ф., Маскаева Л.Н., Иванов П.Н. Гидрохимическое осаждение пленок сульфидов металлов: моделирование и эксперимент. Екатеринбург: УрО РАН. 2006. 218с.

2. Завражнов А.Ю., Наумов А.В., Сергеева А.В., Сидей В.И. Селективный химический транспорт как метод изменения состава нестехиометрических сульфидов индия // Неорганические материалы. 2007. Т. 43. №11. С. 1303-1315